# Über das Wachstum und Wachstumskorrelationen bei Dixippus morosus.

(Zweiter Teil der Abhandlung: Der Thorax von Dixippus morosus [Carausius] nebst einigen Angaben über das Wachstum und Wachstumskorrelationen. — Ein Beitrag zur vergleichenden Anatomie und zur Entwicklung des Insektenkörpers.)

---

## Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

hohen philosophischen Fakultät

der

Georg August-Universität zu Göttingen

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

vorgelegt von

**Lucie Jeziorski**
aus Calcar (Niederrhein).

———oo———

Göttingen 1917.
Druck der Dieterichschen Univ.-Buchdruckerei (W. Fr. Kaestner).

Angenommen von der mathematisch-naturwissenschaftlichen Abteilung der philosophischen Fakultät.

Tag der mündlichen Prüfung: 4. August 1916.

Referent: Herr Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. E. Ehlers.

Der vorliegende Druck umfaßt den zweiten Teil der von der mathematisch-naturwissenschaftlichen Abteilung der philosophischen Fakultät angenommenen Arbeit. Die ganze Abhandlung erscheint in der «Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie«, Band CXVII Heft 4 und CXVIII, Heft 1.

Meiner Mutter.

Die vorliegende Arbeit wurde im Zoologischen Institut der Universität Göttingen von Herbst 1914 bis Ostern 1916 auf Veranlassung des Herrn Geh. Regierungsrat Professor Dr. Ehlers ausgeführt.

Es sei mir gestattet, Herrn Geheimrat Ehlers für die vielen wissenschaftlichen Anregungen und für das mir stets in so reichem Maße bewiesene Wohlwollen auch an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

## 1. Einführung in das Thema.

Die zahlreichen und verschiedenartigen Probleme des Wachstums der tierischen Organismen haben Veranlassung zu ebenso zahlreichen und verschiedenartigen wissenschaftlichen Untersuchungen gegeben, über die Hirschler in seiner Arbeit: »Ein Versuch, Wachstumskorrelationen und Wachstumsautonomien quantitativ zu bestimmen« (Biologisches Zentralblatt, November 1914) einleitend eine kurze Übersicht gibt, die zusammenfassend die Resultate dieses weiten Forschungsgebietes charakterisiert als solche, die Aufklärung geben: 1. über das Tempo des Wachstums der Organismen, 2. über das Verhalten der morphologischen oder chemisch-physikalischen Körperkomponenten (beides durch Messungsmethoden), 3. über Wachstumskorrelationen (Experiment). Der Autor beantwortet in seinem Aufsatz nach Experimenten an der Larve von *Dixippus morosus* die Frage: »Wird das Wachstum, das in der Richtung eines gewissen Körperdiameters verläuft, von dem Wachstum, welches in der Richtung eines andern Körperdiameters stattfindet, korrelativ bedingt oder ist es autonom? oder ist es vielleicht teilweise abhängig und teilweise autonom?« dahin, daß das Längenwachstum des Tieres teils selbständig verläuft, teils abhängig vom Dickenwachstum ist. Die Autonomie steht zur Korrelation in dem Größenverhältnis von 2 : 1. Auch das Wachstum der verschiedenen Körperteile eines tierischen Organismus ist teilweise abhängig und teilweise autonom. Daffner sagt vom Wachstum des Menschen:

»Trotz der Selbständigkeit der Teile geht das Wachstum in steter gegenseitiger Abhängigkeit vor sich.«

Als im Herbst 1914 das Resultat über eine Korrelation zwischen den beiden morphologischen Körperkomponenten Länge und Dicke bei *Dixippus morosus* publiziert wurde, hatte ich gerade begonnen, durch umfangreiche Messungen bei demselben Tiere die normalen Dimensionsverhältnisse des ganzen Körpers und seiner einzelnen Teile festzulegen auf jedem Stadium seiner Entwicklung. Meine Messungen erstreckten sich hauptsächlich auf die Längenausdehnungen. Sie geben somit zunächst einen Einblick in das Längenwachstum des Tieres, seine Längenwachstumsgeschwindigkeit, dann weiterhin aber auch in die Größen(Volumen)zunahme und die Größen(Volumen)wachstumsgeschwindigkeit; denn »bei langgestreckten Wurzeln, Heuschrecken oder Menschen ist die Längenwachstumsgeschwindigkeit gleich Größenwachstumsgeschwindigkeit; wenn das Wachstum in einer bestimmten Richtung (Länge) vorwiegend stattfindet, werden wir unter Vernachlässigung der andern Dimensionen (Breite, Dicke) eine Proportionalität zwischen einer Längenwachstumsgeschwindigkeit und der Summe der Zuwachse in der Zeiteinheit, der Größenwachstumsgeschwindigkeit erhalten« (Przibram 1908). Das Wachstum bei *Dixippus* aber ist ein ausgesprochenes Längenwachstum.

Die einzelnen Körperteile von *Dixippus* zeigen eine große Übereinstimmung in der Längenzunahme auf den verschiedenen Stadien; die dadurch gewahrte Proportionalität deutet auf Korrelationen hin, die zwischen den einzelnen Körperteilen bestehen. Das Vorhandensein von Korrelationen hat Hirschler nachgewiesen, indem er durch einen Seidenfaden um den Metathorax das Dickenwachstum des Tieres verhinderte und konstatieren konnte, daß infolgedessen auch das Längenwachstum zurückblieb. Ich suchte das Bestehen von Wachstumskorrelationen zu beweisen, indem ich durch Amputation von Gliedmaßen in den Organismus eingriff und deren Ein-

fluß auf das Wachstum des Tieres prüfte. Im folgenden ist die Rede 1. von dem normalen Wachstum von *Dixippus morosus,* 2. von den korrelativen Folgen der Beinamputation auf dasselbe.

## 2. Untersuchungsmethode der normal wachsenden Tiere.

Es ist nicht nötig, eine umfassende Biologie der Tiere vorauszuschicken, über die in der Literatur schon vieles geschrieben worden ist (Meißner 1900 u. a.). Zunächst wurde eine größere Anzahl von Tieren am Tage des Ausschlüpfens aus dem Ei gemessen. Zu dem Zwecke brachte ich sie unter eine Lupe, maß die Längen- und teilweise auch die Breitendimensionen der einzelnen Körperteile, die scharf gegeneinander abgegrenzt sind, zwischen den nadelscharfen Spitzen eines Meßzirkels, fixierte ihn und stellte die Maße auf einem Maßstab, der zehntel Millimeter abzulesen gestattete, ebenfalls unter einer Lupe fest. Jede Messung wurde mindestens zweimal vorgenommen, um Fehler auf ein möglichstes Minimum zu reduzieren. Vielfach gelang es, die Tiere zu veranlassen, sich »tot zu stellen«, d. h. in einem kataleptischen Zustand zu verharren, bis die Messungen beendigt waren, was die Arbeit bedeutend erleichterte.

Die gemessenen Tiere wurden in großen Gläsern gezogen und mit Rosenzweigen, die in mit Wasser gefüllten Fläschchen standen, und mit Wasser besprengt wurden, gefüttert. Leider mußte mit dem Futter gewechselt werden, weil ich zeitweilig keine Rosenblätter erhalten konnte. Die Tiere bekamen Tradescantia und Epheu. Nach jeder Häutung wurden die Tiere, deren Zahl 20—25 betrug, in der obenbeschriebenen Weise gemessen. *Dixippus morosus* hat sieben nachembryonale Stadien, bestimmt durch sechs Häutungen, nachdem es die Eischale verlassen hat (Meißner 1909 u. a.). Die Häutungszahl ist immer die gleiche, weder abhängig von der Tem-

peratur, noch von Regenerationsprozessen. Bei *Sphodromantis bioculata* finden sich bei höherer Temperatur und bei Regenerationsprozessen mehr Häutungen vor, als unter normalen Verhältnissen (Aufzucht, Farbwechsel und Regeneration der Gottesanbeterinnen, III. Temperatur und Vererbungsversuche, Przibram 1909).

Ein frisch gehäutetes Tier ist leicht zu erkennen. Es hat einen auffallenden Größenzuwachs erfahren. Das ruckweise Wachsen des Tieres nach Sprengung der alten Haut ist mit bloßem Auge auf den ersten Blick zu erkennen. Dies ist bei Tieren mit Häutungen eine ziemlich allgemein verbreitete Erscheinung, da sich der Körper ja unter der starren Cuticula nicht ausdehnen kann und dazu die Zeit von der Sprengung der alten Haut bis zur Erhärtung der neuen Haut benutzen muß. Przibram (1908) gibt an, daß durch »periodischen Abwurf der beengenden Haut treppenförmige Kurven für die Wachstumsgeschwindigkeit zustande kommen, z. B. bei Gottesanbeterinnen«. Vosseler (1903—04) konstatiert von den Wanderheuschrecken in Usambara einen Unterschied in dem stetig fortschreitenden Wachstum des Körpers und dem ruckweisen der Gliedmaßen und stellt ausdrücklich fest, daß der Körper nach jedem Hautwechsel genau soviel mißt wie vorher.

Ferner ist das frisch gehäutete Tier mager, heller gefärbt und sitzt meist unbeweglich neben seiner Exuvie, wenn diese nicht, was sehr häufig, in den jüngeren Stadien meistens vorkommt, verspeist worden ist. Meißner gibt dagegen an, daß in seiner Zucht die Tiere die Exuvien niemals verzehrten. Leider schienen gerade die zu messenden frisch gehäuteten Tiere besonders empfindlich zu sein infolge der noch weichen Cuticula und ergriffen bei Berührungen mit dem Meßzirkel leicht die Flucht. Eine Betäubung mit Äther war nicht ratsam, da sie einen sichtlich nachteiligen Einfluß auf das Wachstum des Tieres ausübt.

Die Intervalle zwischen den einzelnen Häutungen be-

trugen durchschnittlich 20—30 Tage. Diese Zahl schwankt bei den einzelnen Tieren außerordentlich. Es kommt vor, daß von gleichaltrigen Tieren das eine beispielsweise die fünfte Häutung durchmacht, während ein andres die sechste Häutung absolviert. Die Häutungsintervalle meiner Tiere stimmen mit denen, die Meißner angibt, nicht überein. Seine Tiere häuteten sich durchschnittlich in Intervallen von 11—15 Tagen mit Ausnahme der ersten Häutung, die nach der doppelten Zeitdauer eintrat. Einen derartigen Unterschied in der Zeitdauer bis zur ersten Häutung und den Intervallen der folgenden Häutungen habe ich bei normalen Tieren nicht gefunden. Die Ursache dieser Erscheinung bei der Zucht von Meißner ist die Folge der Reise, die die Tiere nach dem Ausschlüpfen aus dem Ei gemacht haben. So sind die Häutungsintervalle von allen möglichen inneren und äußeren Einflüssen abhängig. Ebenso, wie ich leider gezwungen war, das Futter zu wechseln, so ist es auch nicht möglich gewesen, eine von Experimentalzoologen (Przibram) für derartige Untersuchungen dringend geforderte konstante Temperatur für die Tiere zu haben. Sie standen in einem Arbeitszimmer im Institut in der Zeit von Oktober bis April, tagsüber in normaler Zimmertemperatur. Nachts sank diese beträchtlich, weil die Heizung abgestellt wurde. Es kamen auch Tage vor, an denen das Zimmer nicht geheizt war. Aus diesen Unregelmäßigkeiten in der Temperatur sind vor allem die ungleichen Häutungsintervalle zu erklären. Niedrige Temperatur ist ein sehr retardierendes Moment. »Die durchschnittliche Dauer eines Häutungsintervalles . . . wächst mit sinkender Temperatur« (Przibram 1909). Daß Licht und Wärme einen fördernden Einfluß auf Entwicklung und Wachstum ausüben, ist eine allgemein bekannte Tatsache. Marie Daiber (1905) sagt von *Bacillus rosii,* einer nahverwandten europäischen Art, daß die individuelle Entwicklung unter äußerlich gleichen Bedingungen sogar äußerst variabel sein kann. Die Zeiträume der Häutungen bei *Bacillus rosii,* von

Godelmann auf 10—14 Tage angegeben, schwanken nach Marie Daiber zwischen 90, 20, 51 und 23 Tagen infolge der verschiedenen Einflüsse wie Jahreszeit, Temperatur und Nahrung. Bei *Dixippus* differierte die Lebensdauer bis zur ersten Häutung zwischen 23—30, bis zur zweiten zwischen 46 und 53, bis zur dritten zwischen 79 und 106, bis zur vierten zwischen 101 und 124, bis zur fünften zwischen 122 und 152, bis zu sechsten zwischen 132 und 180 Tagen. Wegen dieser, besonders in den höheren Stadien enormen Unregelmäßigkeiten der Entwicklungszeiten werde ich »die zeitlichen Eigenschaften der Entwicklungsvorgänge« (Ostwald) nur für die Stadien, nicht aber für die Zeitdauer in Tagen ausgedrückt, berücksichtigen können.

## 3. Ergebnisse der Messungen bei normalen Tieren.

Tabelle I veranschaulicht übersichtlich die durchschnittliche Gesamtlänge von *Dixippus morosus,* sowie weiterhin die durchschnittliche Länge der einzelnen Körperteile, Kopf, Thorax: Pro-, Meso-, Metathorax; Abdomen und der drei Beinpaare auf den verschiedenen Stadien [1]). Neben der Rubrik, welche die Länge des Körpers oder eines Körperteils angibt, enthält eine zweite den absoluten sowie den relativen Längenzuwachs von einem Stadium zum andern, letzteren in kursiv gedruckten Ziffern. Der absolute Längenzuwachs wurde durch Subtraktion der Länge des einen Stadiums von der Länge des vorhergehenden gewonnen. Der relative Längenzuwachs ist der Quotient aus der Maßzahl eines höheren Stadiums dividiert durch die Maßzahl des vorhergehenden niederen. Die absolute Zunahme der Gesamtlänge steigt vom zweiten Stadium an kontinuierlich bis zur letzten Häutung. Nach der ersten Häutung ist die Abweichung groß (9,8 mm

1) Mit dem Metathorax ist das erste Abdominalsegment, das Segmentum medianum, zusammengemessen. Die Länge des Abdomens umfaßt nur die Abdominalsegmente vom zweiten Segment an.

Tabelle I. Durchschnittliche Länge und Längenzunahme von Dixippus morosus.

| Stadium | Gesamtlänge | Absolute und relative Längenzunahme | Länge des Kopfes | Absolute und relative Längenzunahme | Länge des Prothorax | Absolute und relative Längenzunahme | Länge des Mesothorax | Absolute und relative Längenzunahme | Länge des Metathorax | Absolute und relative Längenzunahme | Länge des Thorax | Absolute und relative Längenzunahme | Länge des Abdomens | Absolute und relative Längenzunahme | Länge des I. Beinpaares | Absolute und relative Längenzunahme | Länge des II. Beinpaares | Absolute und relative Längenzunahme | Länge des III. Beinpaares | Absolute und relative Längenzunahme |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | 13,3 | | 1,5 | | 0,95 | | 3,32 | | 2,2 | | 6,57 | | 5,18 | | 7,64 | | 6,30 | | 7,11 | |
| | | 9,8 | | 0,4 | | 0,25 | | 1,53 | | 1,21 | | 2,89 | | 6,02 | | 3,22 | | 2,37 | | 2,89 |
| | | *1,74* | | *1,27* | | *1,26* | | *1,46* | | *1,44* | | *1,44* | | *2,14* | | *1,42* | | *1,38* | | *1,4* |
| II | 23,1 | | 1,9 | | 1,2 | | 4,85 | | 3,41 | | 9,46 | | 11,2 | | 10,86 | | 8,67 | | 10,— | |
| | | 5,7 | | 0,4 | | 0,35 | | 1,85 | | 1,38 | | 3,58 | | 3,34 | | 4,07 | | 2,80 | | 3,86 |
| | | *1,28* | | *1,21* | | *1,29* | | *1,38* | | *1,4* | | *1,4* | | *1,29* | | *1,38* | | *1,32* | | *1,38* |
| III | 29,8 | | 2,3 | | 1,55 | | 6,7 | | 4,79 | | 13,04 | | 14,54 | | 14,93 | | 11,47 | | 13,86 | |
| | | 8,5 | | 0,4 | | 0,35 | | 1,79 | | 1,28 | | 3,42 | | 3,96 | | 4,16 | | 3,33 | | 3,88 |
| | | *1,28* | | *1,18* | | *1,23* | | *1,27* | | *1,26* | | *1,26* | | *1,27* | | *1,27* | | *1,29* | | *1,28* |
| IV | 38,3 | | 2,7 | | 1,9 | | 8,49 | | 6,07 | | 16,46 | | 18,5 | | 19,09 | | 14,80 | | 17,74 | |
| | | 10,9 | | 0,7 | | 0,49 | | 2,62 | | 1,01 | | 5,02 | | 5,91 | | 4,60 | | 5,10 | | 5,95 |
| | | *1,28* | | *1,26* | | *1,25* | | *1,3* | | *1,31* | | *1,3* | | *1,32* | | *1,34* | | *1,35* | | *1,34* |
| V | 49,2 | | 3,4 | | 2,39 | | 11,11 | | 7,98 | | 21,48 | | 24,41 | | 25,69 | | 19,9 | | 23,69 | |
| | | 13,6 | | 0,9 | | 0,66 | | 3,01 | | 2,02 | | 5,69 | | 7,03 | | 6,20 | | 5,07 | | 5,68 |
| | | *1,25* | | *1,26* | | *1,26* | | *1,27* | | *1,26* | | *1,26* | | *1,28* | | *1,24* | | *1,25* | | *1,28* |
| VI | 62,8 | | 4,3 | | 3,05 | | 14,12 | | 10,— | | 27,17 | | 31,44 | | 31,89 | | 24,97 | | 29,37 | |
| | | 14,1 | | 1,1 | | 0,82 | | 3,50 | | 2,29 | | 6,61 | | 7,38 | | 8,14 | | 5,77 | | 7,41 |
| | | *1,26* | | *1,26* | | *1,26* | | *1,25* | | *1,23* | | *1,25* | | *1,23* | | *1,25* | | *1,23* | | *1,25* |
| VII | 76,9 | | 5,4 | | 3,87 | | 17,62 | | 12,29 | | 33,78 | | 38,82 | | 40,03 | | 30,74 | | 36,78 | |

gegen 5,7 nach der zweiten Häutung), wie denn auch weiter aus der Tabelle ersichtlich ist, daß das zweite Stadium sich den für die folgenden abzuleitenden Regeln nicht immer fügt.

Die absolute Längenzunahme des Kopfes ist auf den ersten drei Stadien gleich, steigt dann gleichmäßig bis zum letzten. Durch die gleichbleibende Längenzunahme auf den ersten Stadien wird die bedeutende, der Länge der übrigen Körperteile nicht proportionale Länge des Kopfes einigermaßen ausgeglichen.

Sämtliche andern gemessenen Körperteile zeigen vom ersten Stadium hinauf bis zum letzten eine steigende absolute Größenzunahme im Gegensatz zu der ägyptischen Gottesanbeterin, wo sie bis zur sechsten Häutung steigt, dann mit geringen Schwankungen stehen bleibt und schließlich wieder abnimmt bis zur letzten (neunten bzw. zehnten Häutung). Przibram und Megusar (1912). Abweichend von dieser Regel ist der Längenzuwachs des Abdomens auf dem zweiten Stadium. Er beträgt fast das Doppelte von dem des folgenden. Ausnahmen, wie das gelegentliche Gleichbleiben des Längenzuwachses auf zwei aufeinander folgenden Stadien, kommt, abgesehen vom Wachstum des Kopfes, in allen Thoracalsegmenten und beim ersten und dritten Beinpaar auf dem dritten und vierten Stadium vor, scheint also für diese Stadien typisch zu sein. Meistens stimmen hier die Maßzahlen genau bis auf die Zehntelmillimeter überein. Eine ganz geringfügige Differenz, die nur einmal 0,16 mm erreicht, ist sehr leicht durch Meß- oder Rechenfehler, wie sie gar nicht zu vermeiden sind, entstanden zu denken. Beim Abdomen trifft dies nicht zu, trotzdem es auf dem zweiten Stadium einen abnormen Längenzuwachs zeigt, und gerade dann ein Stehenbleiben eher zu erwarten wäre. (Przibram und Megusar 1912): »Bei der ägyptischen Gottesanbeterin tritt an Stelle einer Verdoppelung des Gewichtes von einer Häutung zur andern eine Vervierfachung, welche dann meist von einem Stillstand während der nächsten Häutungsperiode gefolgt ist.« Das zweite Beinpaar

hat auf dem 5. und 6. Stadium gleichen Längenzuwachs. Beim dritten Beinpaar bleibt er auf dem 6. Stadium gegen das fünfte ein wenig zurück.

Die kursiv gedruckten Ziffern bezeichnen die relativen Größenzunahmen; abnorm sind diese für das Abdomen und dadurch hauptsächlich für den ganzen Körper auf dem 2. Stadium. Sämtliche andern Ziffern sind der für die Entwicklungsmechanik bedeutsamen Kubikwurzel aus 2 = 1,26 (Przibram, Megusar, Sztern) mehr oder weniger benachbart, die meisten fast unmittelbar. Einige zeigen mäßige Abweichungen nach oben (im Thorax und seinen Gliedmaßen auf dem 2. und 3. Stadium).

Auch für *Dixippus* bestätigt sich die Tatsache, daß die Längenzunahme, sowohl der Gesamtkörperlänge, als auch seiner einzelnen Teile durchschnittlich in der Kubikwurzel aus 2 = 1,26 erfolgt.

Dies ist von Przibram-Megusar für den Prothorax von *Sphodromantis bioculata,* von Sztern für Mesothorax und Mesothoraxganglion und für die Zunahme des größten Durchmessers der Augenfacetten des Tieres nachgewiesen.

Wegen des gleichförmigen Wachstums von *Dixippus morosus,* das vom Verlassen des Eies an ein ebenmäßiges Längenwachstum ist, und nicht wie bei den meisten Individuen zwecks Formänderung in den verschiedenen Richtungen des Körpers verschieden verläuft, konnte diese Regel mit geringen Ausnahmen, die ihrer Gültigkeit keinen Eintrag tun, für sämtliche äußerlich erkennbaren Körperteile durchgeführt werden (die Antennen sind nicht in die Tabellen aufgenommen; ich habe sie zwar gemessen, möchte die Ergebnisse aber nicht anfügen, da die Antennen zu lang sind, um auf einmal unter das Gesichtsfeld der Lupe gebracht werden zu können; auch sind sie meistens mehr oder weniger unvollständig). Das Eintreten einer relativen Längenzunahme in der zweiten Potenz der Kubikwurzel aus 2, der dann im folgenden Stadium ein Still-

stand folgte (*Sphodromantis*), habe ich bei *Dixippus* nicht konstatieren können. Die relative Zunahme der Cesamtkörperlänge nach der ersten Häutung (1,74) ist der zweiten Potenz der Kubikwurzel aus $2 = 1{,}26^2 = 1{,}59$ benachbart.

Hand in Hand mit einer Längenzunahme gleich der Kubikwurzel aus zwei geht bei *Sphodromantis* entsprechend die Oberflächenzunahme in der Quadratwurzel aus 2. Das Gewicht des Tieres verdoppelt sich. Wenn der Längendurchmesser die relative Zunahme von 1,26 hat, so läßt sich auch für *Dixippus* mit großer Wahrscheinlichkeit annehmen, daß die Zunahme der Oberfläche im Quadrat von 1,26 und die des Volumens im Kubus von $1{,}25 = 2$ erfolgt. Tabelle I gewährt somit einen Einblick in die durchschnittlichen Längen des Körpers und seiner Teile, in den absoluten und relativen Längenzuwachs auf den einzelnen Häutungsstadien.

Tabelle II veranschaulicht die Proportion der Gesamtkörperlänge zur Länge bzw. Breite der einzelnen Körperteile

Tabelle II. Verhältniszahlen der Dimensionen der einzelnen

| Entwicklungsstadium | Gesamtlänge | Kopflänge | Kopfbreite | Thoraxlänge | Abdominallänge | Prothoraxlänge | Prothoraxbreite |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | 100 | 11,59 | 6,75 | 48,83 | 39,56 | 7,13 | 7,12 |
| II | 100 | 8,47 | 4,51 | 42,50 | 49,16 | 5,41 | 5,41 |
| III | 100 | 7,74 | 4,12 | 43,38 | 48,79 | 5,17 | 4,94 |
| IV | 100 | 7,17 | 3,53 | 43,70 | 49,07 | 4,96 | 3,99 |
| V | 100 | 6,80 | 3,54 | 43,94 | 49,23 | 4,97 | 4,22 |
| VI | 100 | 6,83 | 3,24 | 43,18 | 50,26 | 4,96 | 4,16 |
| VII | 100 | 6,44 | 3,16 | 43,13 | 50,44 | 4,88 | 3,99 |

auf den verschiedenen Stadien. Die Gesamtkörperlänge ist = 100 gesetzt. Die Maßzahlen aller Körperteile sind mit dem Quotienten von 100, dividiert durch die durchschnittliche Körperlänge, multipliziert. Das frisch geschlüpfte Tier zeigt gegenüber den anderen Stadien abweichende Proportionen. Kopflänge und Länge der Gliedmaßen ist verhältnismäßig be-

deutend größer als die der anderen Körperabschnitte. Daß der Kopf in seinen Größenverhältnissen einen erheblichen Vorsprung in der Jugend vor dem übrigen Körper besitzt, ist eine weitverbreitete bekannte Tatsache (Daffner, Das Wachstum des Menschen). Der Thorax nimmt fast die Hälfte der Gesamtlänge ein (48,83 mm), während das Abdomen etwa $^2/_5$ der Gesamtlänge ausmacht, im Gegensatz zu den anderen Stadien, auf denen die Länge des Abdomens die Hälfte beträgt.

Die Verhältniszahl des Kopfes ist auf dem 2. Stadium fast $^1/_3$ kleiner als auf dem ersten (11,6 und 8,5), auf den folgenden Stadien fällt die Verhältniszahl fast gleichmäßig von 8,5 auf 6,4. Das 5. und 6. Stadium haben dieselbe Verhältniszahl. Die Breite des Kopfes zwischen den Facettenaugen gemessen, beträgt etwa $^1/_2$ der Kopflänge.

Die Verhältniszahl der Thoraxlänge im 2. Stadium verringert sich um $^1/_8$ gegenüber dem 1. Stadium. Auf den andern Stadien variiert sie nur ein wenig zwischen 42,5 und 43,94.

Körperteile von Dixippus morosus. Gesamtlänge = 100.

| Mesothoraxlänge | Mesothoraxbreite | Metathoraxlänge | Metathoraxbreite | Länge des 1. Beinpaares | Länge des 2. Beinpaares | Länge des 3. Beinpaares |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 28,38 | 2,25 | 16,67 | 5,62 | 57,47 | 46,78 | 53,02 |
| 21,74 | 5,41 | 15,36 | 5,41 | 49,56 | 39,11 | 46,02 |
| 22,24 | 5,19 | 15,99 | 5,24 | 50,04 | 38,46 | 46,20 |
| 22,61 | 5,18 | 16,— | 4,96 | 50,41 | 39,77 | 46,91 |
| 22,81 | 5,07 | 16,06 | 4,76 | 51,79 | 39,72 | 46,89 |
| 22,46 | 4,85 | 15,80 | 4,71 | 50,58 | 39,68 | 46,87 |
| 22,49 | 5,03 | 15,69 | 5,06 | 51,80 | 39,95 | 47,69 |

Das Abdomen beträgt auf dem 1. Stadium $^2/_5$ der gesamten Körperlänge; vom zweiten Stadium an steigt die Verhältniszahl von 48,79 auf 50,44.

Prothoraxlänge des ersten Stadiums beträgt fast $^1/_7$ der Thoraxlänge, die der andern Stadien $^1/_8$—$^1/_9$. Sie fällt von 5,41 die Entwicklungsstadien aufwärts bis 4,88; die Stadien

4, 5, 6 haben fast dieselbe Verhältniszahl. Die Prothoraxbreite (zwischen den Hüften gemessen) ist gleich, oder wenig geringer als die Länge.

Die Verhältniszahl der Mesothoraxlänge beträgt im 1. Stadium $^2/_7$ der gesamten Körperlänge, $^3/_5$ der Thoraxlänge und das Vierfache der Prothoraxlänge; auf dem 2. Stadium ist die Verhältniszahl $^1/_4$ kleiner. Sie differiert dann auf den andern Stadien nur wenig zwischen 21,74 und 22,81. Die Breite beträgt etwa $^1/_4$ der Länge, abgesehen vom 1. Stadium, wo sie nur $^1/_6$ ausmacht.

Die Metathoraxlänge des 1. Stadiums macht $^1/_3$ der gesamten Thoraxlänge aus. Die Verhältniszahl ist etwas groß im Vergleich zu den andern Stadien, auf denen sie fast dieselbe bleibt. Die Breite erreicht $^1/_3$ der Länge.

Bei den Extremitäten beträgt die Länge des ersten Beinpaares, abgesehen vom 1. Stadium, die Hälfte der gesamten Körperlänge, die des zweiten Beinpaares $^2/_5$ der Körperlänge und die des dritten Beinpaares reichlich $^9/_{20}$ derselben. Untereinander verhält sich die Länge der Beinpaare wie 10 : 8 : 9.

Wie aus der Tabelle ersichtlich ist, zeigt das 1. Stadium ganz besondere Dimensionen. Die Verhältniszahlen werden aber, abgesehen von denen des Kopfes, dessen Wachstum sich verlangsamt, um den Vorsprung auszugleichen, den er vor den übrigen Körperteilen hat, vom 2. Stadium an fast konstante, von geringen Abweichungen abgesehen. Diese verlieren an Bedeutung, wenn berücksichtigt wird, daß sämtliche Zahlen der Tabelle durch Multiplikation mit Quotienten aus 100 und der Gesamtkörperlänge entstehen, sich kleinste Unregelmäßigkeiten mithin gleich vervielfachen. *Dixippus* ist also fast beim Verlassen des Eies, vollständiger im 2. Stadium in seinen Hauptformen vollendet, abgesehen von der Form der Analsegmente. Die Imago ist eine ausgewachsene Larve, unterscheidet sich von ihr durch wenig mehr als ihre Größe. Verschiedene Wachstumsgeschwindigkeit einzelner Körperteile, auf denen die Formänderungen der Organismen beruhen

(Hirschler, Daffner) ist nicht vorhanden. Der nach jeder Häutung zu konstatierende Wachstumszuwachs bewirkt lediglich eine Vergrößerung der vor der Häutung vorhanden gewesenen Form (analog bei *Sphodromantis bioculata*, Przibram und Megusar 1912). Die endgültige Größe des ausgewachsenen Tieres steht nach Schleip: »Der Farbenwechsel von *Dixippus morosus*« (Zoologische Jahrbücher 1911) in gewisser Beziehung zu den Färbungsunterschieden. Die durchschnittliche Körperlänge von zehn wahllos herausgegriffenen grünen Imaginis betrug 7,43 cm; von zehn gelbroten 7,46 cm und von zehn dunklen, rotbraunen oder schwarzen nur 6,93 cm.

Wie die Proportionen der einzelnen Körperteile, bezogen auf die Gesamtlänge des Körpers, abgesehen von den erwähnten Ausnahmen, in allen Entwicklungsstadien mit geringen Schwankungen dieselben sind, so bestehen auch feste Proportionen zwischen der Länge eines jeden Thoracalsegments und der Länge der zugehörigen Extremität (Tab. III a—g). Von je sechs wahllos herausgegriffenen Tieren jeden Stadiums ist die Länge des Pro-, Meso- bzw. Metathorax = 1 gesetzt (die wirkliche Länge ist in Klammer angefügt) und die Länge des zugehörigen Beinpaares (ebenfalls in Klammer angegeben) durch den Quotienten aus 1 und der absoluten Länge des betreffenden Thoracalsegments dividiert. Ein Blick auf die Tabellen lehrt, daß die Verhältniszahlen mit geringen Verän-

Tabelle III a. Verhältnis der Länge des Pro-, Meso-, Metathorax zur Länge des I., II., bzw. III. Beinpaares. I. Stadium.

| Prothorax | I. Beinpaar | Meso-thorax | II. Beinpaar | Meta-thorax | III. Beinpaar |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 (0,8) | 9,50 (7,6) | 1 (3,4) | 1,80 (6,0) | 1 (2,0) | 3,55 (7,1) |
| 1 (0,9) | 8,44 (7,6) | 1 (3,3) | 1,99 (6,6) | 1 (2,0) | 3,75 (7,5) |
| 1 (0,9) | 8,88 (8,0) | 1 (3,5) | 1,90 (6,5) | 1 (2,4) | 3,15 (7,5) |
| 1 (0,8) | 9,62 (7,7) | 1 (3,3) | 1,83 (6,1) | 1 (2,4) | 2,94 (7,0) |
| 1 (0,9) | 7,88 (7,1) | 1 (3,2) | 1,67 (5,4) | 1 (2,0) | 3,20 (6,4) |
| 1 (0,9) | 8,77 (7,9) | 1 (3,4) | 1,88 (6,4) | 1 (2,3) | 3,30 (7,6) |

Tabelle III b. Verhältnis der Länge des Pro-, Meso-, Metathorax zur Länge des I., II., bzw. III. Beinpaares.

II. Stadium.

| Prothorax | I. Beinpaar | Meso-thorax | II. Beinpaar | Meta-thorax | III. Beinpaar |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 (1,2) | 8,75 (10,5) | 1 (4,8) | 1,66 (8,0) | 1 (3,2) | 2,94 (9,4) |
| 1 (1,2) | 8,50 (10,2) | 1 (4,5) | 1,82 (8,2) | 1 (3,3) | 2,85 (9,4) |
| 1 (1,2) | 9,33 (11,2) | 1 (5,0) | 1,72 (8,6) | 1 (3,5) | 2,97 (10,4) |
| 1 (1,2) | 9,58 (11,5) | 1 (5,1) | 1,82 (9,3) | 1 (3,5) | 3,11 (10,9) |
| 1 (1,2) | 9,33 (11,2) | 1 (5,0) | 1,74 (8,7) | 1 (3,5) | 2,92 (10,2) |
| 1 (1,2) | 9,16 (11,0) | 1 (4,8) | 1,91 (9,2) | 1 (3,4) | 2,97 (9,9) |

Tabelle III c. Verhältnis der Länge des Pro-, Meso-, Metathorax zur Länge des I., II., bzw. III. Beinpaares.

III. Stadium.

| Prothorax | I. Beinpaar | Meso-thorax | II. Beinpaar | Meta-thorax | III. Beinpaar |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 (1,5) | 8,80 ( ,2) | 1 (6,1) | 1,80 (11,0) | 1 (4,3) | 2,97 (12,8) |
| 1 (1,4) | 10,28 (14,4) | 1 (6,3) | 1,75 (11,0) | 1 (4,6) | 2,82 (13,0) |
| 1 (1,5) | 10,40 (15,6) | 1 (6,9) | 1,75 (12,1) | 1 (4,8) | 3,08 (14,8) |
| 1 (1,6) | 8,88 (15,8) | 1 (6,9) | 1,71 (11,8) | 1 (4,8) | 2,93 (14,1) |
| 1 (1,5) | 10,20 (15,3) | 1 (6,8) | 1,72 (11,7) | 1 (4,9) | 2,90 (14,2) |
| 1 (1,6) | 10,01 (15,0) | 1 (6,8) | 1,73 (11,8) | 1 (5,0) | 2,78 (13,8) |

Tabelle III d. Verhältnis der Länge des Pro-, Meso-, Metathorax zur Länge des I., II., bzw. III. Beinpaares.

IV. Stadium.

| Prothorax | I. Beinpaar | Meso-thorax | II. Beinpaar | Meta-thorax | III. Beinpaar |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 (2,2) | 8,74 (19,2) | 1 (8,6) | 1,75 (15,1) | 1 (6,0) | 3,02 (17 8) |
| 1 (1,8) | 10,21 (18,4) | 1 (8,0) | 1,83 (14,7) | 1 (5,6) | 3,25 (17,5) |
| 1 (1,8) | 11,44 (20,8) | 1 (8,7) | 1,82 (15,9) | 1 (6,2) | 3,32 (18,8) |
| 1 (2,0) | 8,85 (17,7) | 1 (8,5) | 1,70 (14,4) | 1 (6,0) | 2,86 (17,2) |
| 1 (2,0) | 10,10 (20,2) | 1 (8,8) | 1,78 (15,6) | 1 (6,2) | 3,27 (18,5) |
| 1 (1,8) | 10,32 (18,6) | 1 (8,4) | 1,62 (13,6) | 1 (6,0) | 2,85 (17,1) |

Tabelle III e. Verhältnis der Länge des Pro-, Meso-, Metathorax zur Länge des I., II., bzw. III. Beinpaares.

V. Stadium.

| Prothorax | I. Beinpaar | Meso-thorax | II. Beinpaar | Meta-thorax | III. Beinpaar |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 (2,4) | 11,46 (27,5) | 1 (12,4) | 1,76 (21,8) | 1 (8,8) | 2,93 (25,7) |
| 1 (2,4) | 10,46 (25,1) | 1 (11,1) | 1,74 (19,4) | 1 (7,8) | 3,18 (24,5) |
| 1 (2,3) | 10,09 (23,2) | 1 (10,8) | 1,66 (17,9) | 1 (7,8) | 2,76 (21,2) |
| 1 (2,3) | 9,70 (22,3) | 1 (11,3) | 1,73 (19,7) | 1 (8,0) | 2,79 (22,3) |
| 1 (2,4) | 10,50 (25,2) | 1 (11,2) | 1,71 (19,2) | 1 (7,8) | 3,06 (23,6) |
| 1 (2,4) | 10,84 (26,0) | 1 (11,2) | 1,85 (20,8) | 1 (7,8) | 3,09 (23,8) |

Tabelle III f. Verältnis der Länge des Pro-, Meso-, Metathorax zur Länge des I., II., bzw. III. Beinpaares.

VI. Stadium.

| Prothorax | I. Beinpaar | Meso-thorax | II. Beinpaar | Meta-thorax | III. Beinpaar |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 (3,2) | 10,17 (32,8) | 1 (14,4) | 1,82 (26,1) | 1 (10,4) | 2,90 (30,2) |
| 1 (3,0) | 10,49 (31,8) | 1 (14,1) | 1,75 (25,0) | 1 (9,6) | 3,16 (30,4) |
| 1 (3,0) | 10,43 (31,6) | 1 (14,2) | 1,69 (24,2) | 1 (9,7) | 3,01 (29,2) |
| 1 (3,2) | 10,20 (32,9) | 1 (14,0) | 1,83 (25,8) | 1 (9,9) | 3,07 (30,4) |
| 1 (3,4) | 9,63 (32,1) | 1 (14,5) | 1,78 (25,4) | 1 (10,0) | 2,94 (29,4) |
| 1 (2,8) | 10,88 (31,1) | 1 (14,4) | 1,72 (25,4) | 1 (9,8) | 2,90 (28,6) |

Tabelle III g. Verhältnis der Länge des Pro-, Meso-, Metathorax zur Länge des I., II., bzw. III. Beinpaares.

VII. Stadium.

| Prothorax | I. Beinpaar | Meso-thorax | II. Beinpaar | Meta-thorax | III. Beinpaar |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 (3,8) | 10,52 (40,0) | 1 (16,5) | 1,82 (30,0) | 1 (11,6) | 3,05 (35,4) |
| 1 (3,5) | 11,37 (39,8) | 1 (16,9) | 1,81 (30,2) | 1 (11,6) | 3,13 (36,4) |
| 1 (4,0) | 10,37 (41,5) | 1 (18,0) | 1,82 (32,5) | 1 (12,7) | 3,05 (38,2) |
| 1 (4,0) | 10,48 (41,9) | 1 (17,2) | 1,88 (31,4) | 1 (12,5) | 3,07 (38,4) |
| 1 (3,7) | 11,20 (41,5) | 1 (17,7) | 1,86 (31,0) | 1 (12,3) | 2,97 (37,1) |
| 1 (4,0) | 10,35 (41,4) | 1 (17,8) | 1 88 (33,5) | 1 (12,5) | 3,11 (38,9) |

derungen konstant sind. nicht nur bei den sechs Tieren auf den einzelnen Stadien, sondern auch auf sämtlichen Entwicklungsstadien untereinander. Die vollkommenste Übereinstimmung zeigen das zweite und dritte Beinpaar in ihren Proportionen zum Meso- bzw. Metathorax. Es besteht auf allen Stadien übereinstimmend zwischen Metathorax und der hinteren Extremität das Verhältnis von 1 : 3, zwischen Mesothorax und der zugehörigen Extremität von 1 : 1,8. Die Proportion zwischen dem Prothorax und dem Vorderbein ist weniger konstant. Letzteres zeigt mit den höheren Entwicklungsstadien ein langsam sich steigerndes schnelleres Wachstum als das zugehörige Segment. Die Proportion ändert sich von 1 : 8,765 auf 1 : 10,71 bei der Imago. Die durchschnittlichen Proportionen (genommen aus Tab. III) betragen für das

| | 1. Thorakalsegment | 2. Thorakalsegment | 3. Thorakalsegment |
|---|---|---|---|
| im 1. Stadium | 1 : 8,865 | 1 : 1,845 | 1 : 3,315 |
| » 2. » | 1 : 8,775 | 1 : 1,78 | 1 : 2,96 |
| » 3. » | 1 : 9,93 | 1 : 1,74 | 1 : 2,91 |
| » 4. » | 1 : 9,94 | 1 : 1,75 | 1 : 3,09 |
| » 5. » | 1 : 10,50 | 1 : 1,74 | 1 : 2,94 |
| » 6. » | 1 : 10,30 | 1 : 1,80 | 1 : 3,00 |
| » 7. » | 1 : 10.71 | 1 : 1,845 | 1 : 3,06 |
| Das Mittel ist | 1 : 9,86 | 1 : 1,79 | 1 : 3,04 |

Bemerkenswert ist also, daß die Proportionen im Meso- und Metathorax konstante sind, das Verhältnis im Prothorax sich aber durch etwas schnelleres Wachstum der vorderen Extremitäten mit fortschreitender Entwicklung verschiebt. In analoger Weise verhält sich das Wachstum der Gliedmaßen des Menschen zum Gesamtvolumen ebenfalls verschieden (Meeh 1895). Die Kurven für die Verhältnisse von Oberarm, Unterarm und Hand zum Gesamtvolumen verlaufen im allgemeinen wagerecht. Das Wachstum von Brust und oberer Extremität geht parallel mit dem Wachstum des Gesamtvolumens. Die untere Extremität dagegen wächst schneller als dieses.

## 4. Messungen an Muskeln.

Im Anschluß an die Präparation der Thoraxmuskulatur von *Dixippus* habe ich auch einige Messungen an Muskeln vorgenommen, welche die durchschnittliche Länge und Breite derselben auf den verschiedenen Stadien feststellen, einen Einblick in ihre absolute und relative Längen- und Breitenzunahme gewähren, und auch ihr Verhältnis zu den Skelettbezirken, denen sie angehören, ins Auge fassen. Die Messungen sind mit dem Mikrometerocular gemacht worden. Die erhaltenen Maße wurden dann in Millimeter umgerechnet. Ihre Genauigkeit wird dadurch beeinträchtigt, daß es bei einzelnen Muskeln, besonders bei dem langen, hinteren medialen Dorsoventralmuskel der Hüfte nicht möglich war, den ganzen Muskel, selbst mit der schwächsten Vergrößerung in das Gesichtsfeld des Mikroskops zu bringen. Der Maßstab des Meßoculars mußte wiederholt angelegt werden, wobei Ungenauigkeiten natürlich nicht zu vermeiden sind. Um diese möglichst gering zu machen, ist dieselbe Messung mindestens dreimal ausgeführt worden. Die Maßzahlen der zu den Muskeln gehörigen Skelettbezirke wurden mit dem Greifzirkel ausgeführt, der an sich ja weniger genaue Messungen gestattet, als ein Mikrometerocular, aber dadurch, daß der Maßstab des letzteren nur stückweise hätte angesetzt werden können, teilweise ein fünf- bis sechsmaliges neues Ansetzen nötig gewesen wäre, würde die Ungenauigkeit womöglich noch größer geworden sein. Eine weit größere Schwierigkeit liegt in der Beschaffenheit des Meßobjektes selbst. Die verschiedenen Kontraktionszustände, in denen sich die Muskeln befinden, sind eine Ursache von bedeutenderen Fehlern; als Konservierungsmittel wurde Pikrinalkohol benutzt, der zu diesem Zwecke wohl am günstigsten war. Doch läßt es sich damit natürlich auch nicht erreichen, daß sich die Muskeln alle in dem gleichen Kontraktionszustande befinden. Um annähernd genaue Durchschnittszahlen zu bekommen, wäre eine außergewöhnlich hohe

Zahl von Meßobjekten nötig, damit die Verschiedenheiten sich ausgleichen können, und auch dann ist die Genauigkeit immerhin nur eine bedingte. Ich habe die Messungen nur an einer beschränkten Zahl von Exemplaren, etwa sechs Tieren auf jedem Stadium, ausgeführt wegen des großen Umfanges meiner Untersuchungen. Doch reichen die gewonnenen Resultate aus, um die in der Wachstumszunahme herrschende Gesetzmäßigkeit zu erkennen (Tab. IV).

Die erste Rubrik von je zweien gibt die durchschnittliche Länge bezw. Breite eines Muskels auf den sieben Stadien an; die zweite die absolute und die relative Längen- bezw. Breitenzunahme, die letztere in kursiv gedruckten Ziffern. Die drei abdominalen Muskeln zeigen die größte absolute Längenzunahme auf dem 5. bezw. 6. Stadium, der Beinmuskel dagegen bei der letzten Häutung. Bei den Körperteilen findet die größte Längenzunahme immer bei der letzten Häutung statt. Der relative Längen- bezw. Breitenzuwachs ist zunächst, abgesehen von der ersten Häutung, ins Auge zu fassen. Die Schwankungen sind aus den erwähnten Gründen größere als bei den relativen Größenzunahmen auf Tabelle I. Nimmt man von diesen Längenzunahmen das Mittel (es ist jedesmal unter der betreffenden Rubrik in Klammer angegeben), so ist es wieder die Kubikwurzel aus 2 = 1,26 oder eine nahe benachbarte Zahl.

Demnach erfolgt die Längen- bezw. Breitenzunahme, abgesehen von der ersten Häutung, von einem Stadium zum andern in der Kubikwurzel aus 2, wenn man die Abweichungen auf Kosten der verschiedenen Kontraktionszustände der Muskeln setzt. Für den dritten tergalen Längsmuskel des Segmentum medianum gilt dies auch bei der ersten Häutung. Die relative Längenzunahme des zweiten tergalen Längsmuskels des zweiten Abdominalsegments (1,61) entspricht der zweiten Potenz der Kubikwurzel aus 2: 1,59.

Die Breitenzunahme dieses Muskels, sowie die Längen-

und Breitenzunahme des ventralen Längsmuskels liegen in der Nähe dieser Zahl; doch weichen sie etwas nach oben ab, ebenso wie die relative Zunahme der Gesamtkörperlänge bei der ersten Häutung (Tab. I, 2. Rubrik).

Die Längen- bezw. Breitenzunahme der tergalen Ansatzstelle des Hüftmuskels verdoppeln sich. Eine Verdoppelung kommt auch auf Tabelle I bei der relativen Längenzunahme des Abdomens nach der ersten Häutung vor.

Ähnliche Messungen sind von Sztern 1914 am Mesothoraxganglion von *Sphodromantis bioculata* gemacht worden. Auch hier erfolgt Zunahme, wenn eine solche stattfindet, in der Kubikwurzel aus 2. Es treten aber auf einzelnen Stadien Stillstände ein.

Ein bestimmtes Verhältnis existiert zwischen den Muskeln und den Skelettbezirken, an denen sie inserieren. Diese Beziehung ist für die verschiedenen Muskeln nicht die gleiche (Tab. IV). Die mit einem Stern bezeichnete Rubrik enthält die Länge des zweiten Abdominalsegments; die zweite das dreifache Produkt der Maßzahlen des tergalen, die dritte des sternalen Längsmuskels. Die drei nebeneinander stehenden Zahlen zeigen große Annäherung. Es darf daraus der Satz abgeleitet werden, daß der zweite tergale bezw. der erste sternale Längsmuskel ein Drittel der Länge des zugehörigen Segments hat. Im Segmentum medianum sind die tergalen Längsmuskeln länger im Verhältnis zur Länge des Tergums und stehen hier in einem bestimmten, aber anderen Längenverhältnis zu den vereinigten Terga des Metathorax und des Segmentum medianum. Für den gemessenen dritten Längsmuskel ist es teilweise wie 1 : 7, teilweise wie 1 : 8.

Die viertletzte Rubrik der Tabelle IV enthält die Längenmaße der verschmolzenen Segmente des Metathorax und des Segmentum medianum. Die Zahlen stimmen mit der Verdoppelung der Länge des gemessenen Beinmuskels (folgende Rubrik) überein. Die Länge steht in einem bestimmten Ver-

hältnis zum Metathorax und damit auch zur Länge der dazugehörigen Extremität. Die beiden letzten Rubriken veranschaulichen noch, daß die Breite der Insertionslinie des Hüftmuskels $^2/_5$ der Länge des Muskels beträgt. Der Hüftmuskel hat demnach sowohl in seiner Länge, als auch in der Breite seiner tergalen Ansatzstelle auf allen Stadien eine konstante Beziehung zum Metathorax und der zugehörigen Extremität.

Tabelle IV. Durchschnittliche Längen- und Breiten- auf den einzelnen

| Stadium | Zweiter tergaler Längsmuskel des zweiten Abdominalsegments | | | | Erster sternaler Längsmuskel des zweiten Abdominalsegments | | | | Dritter tergaler Längsmuskel des Segmentum medianum | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Länge | | Breite | | Länge | | Breite | | Länge | | Breite | |
| | Durchschnittliche Länge | Absolute und relative Zunahme | Durchschnittliche Breite | Absolute und relative Zunahme | Durchschnittliche Länge | Absolute und relative Zunahme | Durchschnittliche Breite | Absolute und relative Zunahme | Durchschnittliche Länge | Absolute und relative Zunahme | Durchschnittliche Breite | Absolute und relative Zunahme |
| I | 0,31 | | 0,08 | | 0,28 | | 0,08 | | 0,36 | | 0,09 | |
| | | 0,19 | | 0,06 | | 0,20 | | 0,06 | | 0,10 | | 0,02 |
| | | *1,61* | | *1,75* | | *1,7* | | *1,75* | | *1,28* | | *1,22* |
| II | 0,50 | | 0,14 | | 0,48 | | 0,14 | | 0,46 | | 0,11 | |
| | | 0,22 | | 0,02 | | 0,26 | | 0,04 | | 0,14 | | 0,01 |
| | | *1,44* | | *1,14* | | *1,54* | | *1,26* | | *1,3* | | *1,09* |
| III | 0,72 | | 0,16 | | 0,74 | | 0,18 | | 0,60 | | 0,12 | |
| | | 0,28 | | 0,03 | | 0,24 | | 0,06 | | 0,2 | | 0,06 |
| | | *1,39* | | *1,14* | | *1,32* | | *1,33* | | *1,33* | | *1,50* |
| IV | 1,— | | 0,19 | | 0,98 | | 0,24 | | 0,80 | | 0,18 | |
| | | 0,29 | | 0,10 | | 0,22 | | 0,10 | | 0,22 | | 0,09 |
| | | *1,29* | | *1,52* | | *1,23* | | *1,42* | | *1,27* | | *1,5* |
| V | 1,29 | | 0,29 | | 1,20 | | 0,34 | | 1,02 | | 0,27 | |
| | | 0,23 | | 0,04 | | 0,50 | | 0,06 | | 0,38 | | 0,15 |
| | | *1,15* | | *1,14* | | *1,41* | | *1,18* | | *1,37* | | *1,55* |
| VI | 1,52 | | 0,33 | | 1,7 | | 0,40 | | 1,40 | | 0,42 | |
| | | 0,28 | | 0,07 | | 0,30 | | 0,04 | | 0,04 | | 0,22 |
| | | *1,18* | | *1,21* | | *1,18* | | *1,10* | | *1,03* | | *1,52* |
| VII | 1,80 | | 0,40 | | 2,— | | 0,44 | | 1,44 | | 0,64 | |
| | | *(1,29)* | | *(1,23)* | | *(1,33)* | | *(1,26)* | | *(1,26)* | | *(1,39)* |

## 5. Der Einfluß regenerierender Gliedmaßen auf das Wachstum von Dixippus morosus.

Nachdem die normalen Wachstumsverhältnisse von *Dixippus* untersucht und festgelegt worden waren, sollte ein gewaltsamer Eingriff in den Organismus des Tieres dessen Einfluß auf die Entwicklung zeigen. 30 an einem Tage ausge-

maße verschiedener Muskeln und ihre Zunahme Entwicklungsstadien.

| Metathorakaler, medialer, hinterer Dorsoventralmuskel (*dvm* 3 + 4) | | | | Länge des 2. Abdominalsegments | Länge des 2. tergalen Längsmuskels multipliziert mit 3 | Länge des 1. ventralen Längsmuskels multipliziert mit 3 | Länge des Metathorax + Mediansegment | Doppelte Länge des Dorsoventralmuskels | Breite des Dorsoventralmuskels | $^2/_5$ der Länge des Dorsoventralmuskels |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Länge | | Breite der tergalen Ansatzfläche | | | | | | | | |
| Durchschnittliche Länge | Absolute und relative Zunahme | Durchschnittliche Breite | Absolute und relative Zunahme | | | | | | | |
| 0,9 | | 0,38 | | 0,7 | 0,9 | 0,84 | 2,— | 1,8 | 0,38 | 0,36 |
| | 0,85 | | 0,34 | | | | | | | |
| | *1,95* | | *1,9* | | | | | | | |
| 1,75 | | 0,72 | | 1,56 | 1,5 | 1,52 | 3,5 | 3,5 | 0,72 | 0,70 |
| | 0,75 | | 0,18 | | | | | | | |
| | *1,42* | | *1,25* | | | | | | | |
| 2,50 | | 0,90 | | 2,1 | 2,16 | 2,22 | 4,8 | 5,— | 0,9 | 1,— |
| | 0,92 | | 0,30 | | | | | | | |
| | *1,36* | | *1,33* | | | | | | | |
| 3,42 | | 1,20 | | 2,6 | 3,— | 2,94 | 6,— | 6,8 | 1,20 | 1,36 |
| | 0,66 | | 0,39 | | | | | | | |
| | *1,19* | | *1,32* | | | | | | | |
| 4,08 | | 1,59 | | 3,4 | 3,87 | 3,6 | 7,9 | 8,16 | 1,59 | 1,62 |
| | 0,94 | | 0,45 | | | | | | | |
| | *1,25* | | *1,34* | | | | | | | |
| 5,02 | | 2,14 | | 4,4 | 4,56 | 5,1 | 9,95 | 10,04 | 2,14 | 2,— |
| | 1,28 | | 0,36 | | | | | | | |
| | *1,26* | | *1,17* | | | | | | | |
| 6,3 | | 2,50 | | 5,4 | 5,4 | 6,— | 12,1 | 12,6 | 2,5 | 2,52 |
| | *(1,29)* | | *(1,28)* | | | | | | | |

schlüpften Tieren wurde die rechte mittlere Extremität entfernt, indem ich die Tiere veranlaßte, dieselbe zu autotomieren. Ausführliche Untersuchungen über den Vorgang der Autotomie bei Phasmiden liegen vor bei Bordage, 1. Phénomènes d'autotomie observés chez les nymphes de *Monandroptera inuncans* et de *Raphiderus scabrosus,* 1897; 2. Phénomènes d'autotomie chez des Phasmides appartenant aux genres *Manondroptera* et *Raphiderus*, und Godelmann, Beiträge zur Kenntnis von *Bacillus rossii.* Zu dem Zwecke, das Tier zu veranlassen, sein Bein abzuwerfen, setzte ich es auf die Hand und hielt die betreffende Extremität mit den Fingern fest. Sofort war sie abgelöst und das Tier enteilte. Die Abtrennungsstelle ist ein »dunkler ringförmiger Verwachsungsstreifen« (Godelmann) zwischen Schenkel und Trochanter. Die am Hüftrand ringsherum inserierende, distalwärts ziehende Beinmuskulatur endigt sämtlich an dem zum Körper hin gelegenen Rande des Trochanter. Im Trochanter selbst beginnt kein neuer distalwärts verlaufender Muskel (vgl. *Bacillus rossii* Godelmann), wie es sonst allgemein der Fall ist. Godelmann bringt diese Muskelanordnung mit Recht mit der Befähigung zur Autotomie zusammen. Das leichte Autotomieren auf die oben beschriebene Weise ist nur im ersten Stadium möglich. Vom zweiten Stadium an scheint diese Fähigkeit weit geringer entwickelt zu sein. Ich konnte das Bein pressen, kneifen und zerren, und erreichte in den meisten Fällen meinen Zweck nicht damit. Es sei noch ausdrücklich hervorgehoben, daß ich das frisch geschlüpfte Tier nur zum Abwerfen des Beines brachte, wenn ich es auf der Hand hatte und die betreffende Extremität festhielt. Faßte ich das zu entfernende Bein mit einer Pinzette an und ließ das Tier in der Luft schweben, so erreichte ich mein Ziel nicht. Beiderseitige Fixation ist also nötig, um durch Auseinanderzerren im Verein mit einer Spannung an der Trennungslinie, durch Muskelkontraktion bewirkt, die Autotomie herbeizuführen. Letztere

allein genügt nicht, ebenso wie bei *Bacillus rossii,* während sie bei *Monandroptera* und *Raphiderus* ausreicht (Bordage).

Nach jeder Häutung, die in Übereinstimmung mit Experimenten an zahlreichen andern Tieren in gegenüber normalen Tieren verkürzten Zeitintervallen eintrat (Zeleny: Crustaceen, Marg. Zuelzer: Wasserasseln, Megusar: Käferlarven, Phasmiden, Blattiden im Gegensatz zu v. Emmels Untersuchungen am Hummer u. a.) wurden die Maße genommen in derselben Weise, wie es bei normalen Tieren beschrieben worden ist. Zugleich wurde das nach der Häutung erscheinende Regenerat des Beines mit einer feinen, sterilisierten Schere an derselben Stelle abgeschnitten. Da die Maße der Tiere große Übereinstimmung zeigten, konnte ich mich darauf beschränken, jedesmal sechs Tiere zu messen. Am Schlusse der Untersuchungen waren von dieser Serie auch nur noch acht Tiere vorhanden. Die Hälfte etwa ging gleich vor der ersten Häutung ein, weil die jungen Tiere schon unter normalen Verhältnissen äußerst empfindlich sind und sie leider damals gerade in kalten Herbstnächten einem ziemlich bedeutenden Temperaturwechsel ausgesetzt waren. Letzterer hat auch Einfluß auf die Häutungsintervalle gehabt. Doch ist trotzdem eine Häutungsbeschleunigung durch die Intervalle einwandfrei nachgewiesen (22, 30, 24, 26, 21, 21 Tage).

Nach den beiden ersten Häutungen zeigten nur wenige Tiere ein Regenerat; bei der dritten, vierten, fünften Häutung alle Tiere, die meisten ein differenziertes Miniaturbeinchen, einzelne ein ungegliedertes Regenerat. Damit schien die Regenerationsfähigkeit erloschen zu sein. Nach der dritten und vierten Häutung zeigte je ein Exemplar ein regeneriertes Beinchen in der absoluten Länge von 6 mm. Diese Länge wurde vorher, sowie bei der fünften Häutung nicht mehr erreicht. Die Länge der Regenerate im allgemeinen schwankte sehr. Bei der sechsten und letzten Häutung hat kein einziges Tier mehr regeneriert, während es in Ausnahmefällen sogar vorkommt, daß ausgewachsene Tiere ohne Häutung oder nach

partieller Häutung verloren gegangene Körperteile ersetzen, z. B. *Tenebrio Molitor* (Werber 1907), *Musca domestica* und *Musca vomitoria* (Kammerer 1907). Ganz allgemein erlischt bei Tieren, die sich unter regelmäßigen Häutungen entwickeln, u. a. bei Insekten, Krabben, mit der letzten Häutung ihre Regenerationsfähigkeit ganzer Gliedmaßen zugleich mit dem Abschluß des Wachstums (Przibram 1905).

Die durchschnittlichen Maßzahlen der Gesamtlänge, (Tabelle V) sowie der Länge und Breite der einzelnen Körperteile zeigen im ganzen eine schwächere Entwicklung der Tiere. Sie bleiben in der Länge hinter den normalen Tieren zurück, eine bekannte Erscheinung. Z. B. konstatiert Morgulis bei *Triton cristatus* analog durch Regeneration des amputierten Schwanzes ein Zurückbleiben der Länge gegenüber den normalen Tieren. Ebenso wie bei normalen Tieren, habe ich auch die Gesamtlänge = 100 gesetzt und die Länge der einzelnen Körperteile mit dem Quotienten von 100, dividiert durch die Gesamtlänge des Körpers multipliziert. Die Verhältniszahlen der Dimensionen der einzelnen Körperteile bleiben dieselben. Doch sind die Verhältniszahlen sämtlicher Beine (Tab. V) geringer als die Verhältniszahlen der Beinlängen bei normalen Tieren. Das kann nur dadurch zu erklären sein, daß das Material zum Aufbau des Beines teilweise den übrigen Gliedmaßen entzogen und dem sich regenerierenden Bein zugeführt wird. Eine ähnliche kompensatorische Reduktion ist von Megusar auch bei *Hydrophilus piceus* beschrieben. Das rechte Vorderbein war durch die Regeneration des linken Vorderbeines (das eine abnorme Doppelbildung zeigte) im Vergleich zur Körpergröße unverhältnismäßig klein ausgefallen. Bei *Tenebrio* konstatierte Megusar eine kompensatorische Regulation, indem die vollständige Entfernung des Beines und der darauf folgende Regenerationsprozeß eine Reduktion des Flügels der operierten Körperseite zur Folge hatten. Dürken wies nach, daß durch die Exstirpation der Augen bei jungen Frosch-

Taballe V.

Nebeneinanderstellung der Verhältniszahlen der Längen der Extremtäten nach den einzenen Häutungen 1. normaler Tiere, 2. von Tieren mit fünf, 3. mit vier Extremitäten. (Gesamtlänge = 100.)

| Nach Häutung | Gesamtlänge *) | | | Länge des I. Beinpaares | | | Länge des II. Beinpaares | | | Länge des III. Beinpaares | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1. | 2. | 3. | 1. | 2. | 3. | 1. | 2. | 3. | 1. | 2. | 3. |
| I. | 100 (23,1) | 100 (21,7) | 100 (21,60) | 49,56 | 47,06 | 48,70 | 39,11 | 37,16 | — | 46,02 | 43,29 | 44,67 |
| II. | 100 (29,8) | 100 (29,0) | 100 (28,18) | 50,04 | 48,78 | 51,04 | 38,46 | 38,26 | — | 46,20 | 46,15 | 43,31 |
| III. | 100 (38,3) | 100 (37,5) | 100 (37,37) | 50,42 | 50,34 | 50,51 | 39,77 | 37,56 | — | 46,91 | 44,16 | 43,78 |
| IV. | 100 (49,2) | 100 (48,3) | 100 (46,85) | 51,79 | 48,65 | 49,95 | 39,72 | 39,— | — | 46,89 | 44,09 | 45,79 |
| V. | 100 (62,8) | 100 (61,5) | 100 (60,70) | 50,58 | 50,04 | 49,41 | 39,78 | 37,65 | — | 46,87 | 45,31 | 46,44 |
| VI. | 100 (76,9) | 100 (76,8) | 100 (72,05) | 51,80 | 50,80 | 54,76 | 39,95 | 39,75 | — | 47,69 | 47,19 | 50,17 |

*) Die absolute durchschnittliche Gesamtlänge ist in Klammern beigefügt.

larven eine Entwicklungshemmung und Verkümmerung der Extremitäten bewirkt wurde, da die Exstirpation das Mittelhirn beeinflußte und dieses in Beziehung zum Wachstum der letzteren steht.

Zu gleicher Zeit machte ich Messungen an einer zweiten Versuchsserie, umfassend etwa 60 Tiere, die an zwei aufeinander folgenden Tagen ausgeschlüpft waren. Diese Tiere veranlaßte ich in der oben beschriebenen Weise, beide mittlere Extremitäten zu autotomieren. Mit dieser Versuchsreihe hatte ich große Schwierigkeiten. Schon in den ersten Tagen gingen etwa 50 Tiere ein; die überlebenden gebrauchten bis zur ersten Häutung 43 Tage, während normale Tiere sich nach 25, diejenigen mit einem fehlenden Bein nach 22 Tagen häuteten. In der Folge zeigten die Häutungsintervalle zwar eine Beschleunigung gegenüber normalen Tieren, doch nicht gegenüber den Tieren, die nur ein Bein zu regenerieren hatten. Doch muß ich wieder betonen, daß die Temperaturschwankungen nicht gestatteten, die Häutungsintervalle dieser sehr geschwächten Tiere allein mit dem operativen Eingriff in Zusammenhang zu bringen. Jedenfalls kann ich bei *Dixippus* in diesem Falle nicht die Regel bestätigen, daß die Beschleunigung der Häutungen der zunehmenden Verletzungsgröße proportional ist (Przibram-Zeleny). Aber ebensowenig ist für *Dixippus* das Gegenteil erwiesen. Es müßten Versuchstiere bei konstanter Temperatur unter ganz gleichbleibenden äußeren Verhältnissen gezüchtet werden, um zu einem Resultat zu kommen.

Nach der ersten Häutung haben von den sechs Tieren, die sie überstanden, nur drei regeneriert, davon das eine nur ein Bein. Nach der zweiten Häutung, bei der wieder ein Tier einging, regenerierten drei, zwei nur ein ungegliedertes Regenerat, eins ein differenziertes Miniaturbeinchen. Die Länge der Regenerate und ihre Gliederung war sehr ungleichmäßig. Die Länge von 6 mm, wie bei der andern Serie, wurde nicht erreicht. Nach der dritten Häutung hatte ein regenerierendes

Bein die größte vorgekommene absolute Länge von 4,8 mm. Hervorzuheben ist noch, daß die Länge des Regenerats auf der rechten und linken Seite häufig ungleich ist. Bei der letzten Häutung ist in Übereinstimmung mit den andern Versuchstieren die Regenerationsfähigkeit erloschen. Die Gesamtkörperlänge bleibt zurück gegen die Tiere, die nur ein Bein zu regenerieren haben und noch mehr natürlich gegen die normalen Tiere. Die Proportionen der einzelnen Körperteile, abgesehen von denen der Gliedmaßen, haben sich nicht geändert. Leider hatte ich von der vierten Häutung an nur noch zwei Exemplare, von denen das eine vor der letzten Häutung noch zurückblieb. Deshalb hat das Ergebnis aus der Vergleichung der Verhältniszahlen der Beinlängen normaler Tiere, sowie der Tiere mit einem regenerierenden Bein mit dieser Versuchsreihe keinen Anspruch auf unbedingte Gültigkeit. Abgesehen von der vorderen Extremität nach der fünften Häutung und der hinteren- Extremität nach der zweiten und dritten Häutung sind die Verhältniszahlen höher als bei Tieren mit einem regenerierenden Bein, und bei der sechsten Häutung auch höher als die der Extremitäten bei normalen Tieren. Sollte eine erhöhte Inanspruchnahme der vorderen und hinteren Beinpaare, infolge des Fehlens der mittleren Extremitäten die Ursache der etwas kräftigeren Entwicklung sein, die allerdings die normale Beinlänge nur im letzten Stadium übertrifft? (Hypertrophie vor Vollendung regenerativer Prozesse, Koch und Kammerer). Zur Feststellung dieser Tatsache stehen Messungen an weiteren Versuchsserien aus. Ich begnüge mich unter diesen Umständen damit, die Tatsache zu konstatieren, ohne der Deutung einen Anspruch auf Berechtigung geben zu können.

## Zusammenfassung der hauptsächlichsten Ergebnisse.

1. Die Körperteile von *Dixippus morosus* zeigen mit wenigen Ausnahmen vom ersten Stadium hinauf bis zum letzten eine steigende absolute Größenzunahme.

2. Die relative Längenzunahme der Gesamtkörperlänge sowohl als der einzelnen Körperteile findet von einer Häutung zur andern durchschnittlich in der Kubikwurzel von 2 = 1,26 statt.

3. Bei *Dixippus* weisen die einzelnen Körperteile im allgemeinen keine verschiedene Wachstumsgeschwindigkeit auf; die nach jeder Häutung zu konstatierende Wachstumszunahme bewirkt lediglich eine Vergrößerung der vor der Häutung vorhanden gewesenen Form.

4. Die Proportionen zwischen den einzelnen Thoracalsegmenten und den zugehörigen Extremitäten sind im Meso- und Metathorax auf allen Entwicklungsstadien konstant. Das Verhältnis im Prothorax verschiebt sich durch etwas schnelleres Wachstum der vorderen Extremitäten mit fortschreitender Entwicklung.

5. Die relative Längen- und Breitenzunahme der gemessenen Muskeln erfolgt, abgesehen von der ersten Häutung, von einem Stadium zum andern in der Kubikwurzel aus 2. Für den dritten tergalen Längsmuskel des Segmentum medianum gilt dies auch bei der ersten Häutung.

6. Die relative Längenzunahme des zweiten tergalen Längsmuskels des zweiten Abdominalsegmentes entspricht bei der ersten Häutung der zweiten Potenz der Kubikwurzel aus 2. Die Breitenzunahme dieses Muskels, sowie die Längen- und Breitenzunahme des ventralen Längsmuskels liegen in der Nähe dieser Zahl.

7. Die Längen- bezw. Breitenzunahme des Hüftmuskels ist = 2.

8. Ein bestimmtes Verhältnis existiert zwischen den Muskeln und den Skelettbezirken, an denen sie inserieren.

9. Nach den beiden ersten Häutungen zeigen die Tiere, denen eine, bezw. zwei Extremitäten fehlten, nur teilweise ein Regenerat, bei der dritten, vierten und fünften Häutung alle Tiere in ungleicher Ausbildung. Nach der letzten Häutung fehlt übereinstimmend bei beiden Serien jedes Regenerat.

10. Die Häutungsintervalle der Tiere mit amputierten Gliedmaßen zeigen eine Beschleunigung gegenüber den Entwicklungsstadien normaler Tiere.

11. Die durchschnittlichen Maßzahlen der Gesamtlänge, sowie der Länge und Breite der einzelnen Körperteile zeigen ein Zurückbleiben hinter der Länge der normalen Tiere. Die Längenmaße sind der Größe der Verletzung umgekehrt proportional.

12. Die Verhältniszahlen der Dimensionen der einzelnen Körperteile bleiben, abgesehen von den Gliedmaßen, dieselben.

13. Bei den Tieren, denen eine Extremität fehlt, sind die Verhältniszahlen sämtlicher Beine geringer als die Verhältniszahlen der Beinlängen bei normalen Tieren.

# Literaturverzeichnis.


Bordage, 1. Phénomènes d'autotomie observés chez les Nymphes de Monandroptera inuncans et de Raphiderus scabrosus. Compt. Rend. Paris 1897.

— 2. Phénomènes d'autotomie chez des Phasmides appartenant aux genres Monandroptera et Raphiderus. Ebenda.

— 3. Sur la régénération chez les Phasmides. Ann. Soc. Ent. France. 1898.

Marie Daiber, Beiträge zur Kenntnis der Ovarien von Bacillus rosii nebst einigen biologischen Bemerkungen. Jenaische Zeitschr. f. Naturw. 1905.

Daffner, Das Wachstum des Menschen. Leipzig, Engelmann. 1902.

Dürken, Über einseitige Augenexstirpation bei jungen Froschlarven. Ein Beitrag zur Kenntnis der echten Entwicklungskorrelationen. Ztschr. f. wiss. Zool. Bd. CV. Heft 2.

Emmel, The Relation of Regeneration to the Molting Process in the Lobster. Annal Report of the Commissioners of Inland Fisheries of Rhode Island. XXXVI. 1906.

Graber, Zur Entwicklungsgeschichte und Reproduktionsfähigkeit der Orthopteren. Ber. d. Kaiserl. Akad. d. Wiss. 1867.

— Die Insekten. München 1877.

Godelmann, Beiträge zur Kenntnis von Bacillus rosii. Febr. Arch. f. Entwicklungsmechanik. Bd. XII. 1901.

Hirschler, Ein Versuch, Wachstumskorrelationen und Wachstumsautotomie quantitativ zu bestimmen. Zool. Zentralblatt. Nov. 1914.

Kammerer, Die angeblichen Ansnahmen von der Regenerationsfähigkeit bei den Amphibien. Zentralbl. f. Physiologie. 1905.

— Regeneration des Dipterenflügels beim Imago. Arch. f. Entwicklungsmechanik. Bd. XXII. 1907b.

— Über die Abhängigkeit des Regenerationsvermögens der Amphibienlarven von Alter, Entwicklungsstadium und spezifischer Größe. Arch. f. Entwicklungsmechanik. 1905.

Koch, Versuche über die Regeneration von Organen bei Amphibien. Arch. f. mikr. Anat. u. Entwicklungsgeschichte. Bd. XLIX.

Meißner, Biologische Beobachtungen an der indischen Stabheuschrecke Dixippus morosus. Zeitschr. f. Insektenbiologie, 1909.

Meeh, Volumenmessungen des menschlichen Körpers und seiner einzelnen Teile auf den verschiedenen Altersstufen. Zeitschr. f. Biol. 1895.

Morgulis, Studien über Inanition in ihrer Bedeutung für das Wachstumsproblem. II. Experimente an Triton cristatus. Arch. f. Entwicklungsmechanik. 1912.

Ostwald, Über die zeitlichen Erscheinungen der Entwicklungsvorgänge. Rouxs Vorträge und Aufsätze über Entwicklungsmechanik. Heft 5. 1908.

Przibram und Megusar, Wachstumsmessungen an Sphodromantis bioculata. I. Länge und Maße. Arch. f. Entwicklungsmechanik. 1912.

Przibram, Aufzucht, Farbwechsel und Regeneration einer ägyptischen Gottesanbeterin. III. Temperatur und Vererbungsversuche. Arch. f. Entwicklungsmechanik. 1909.

– Anwendung elementarer Mathematik auf biologische Probleme. Vorträge und Aufsätze über Entwicklungsmechanik der Organismen. Leipzig 1908.

— Quantitative Wachstumstheorie der Regeneration. Zentralbl. f. Physiologie. 1905.

Robertson, T. Brailsford, On the normal Rate of Growth of an Individual and its Biochemical Significance. Arch. f. Entwicklungsmechanik. 1908. Further Remarks on the normal Rate. Arch. f. Entwicklungsmechanik. 1909.

Roux, Beiträge zur Morphologie der funktionellen Anpassung. Jenaische Ztschr. f. Naturwiss. u. Med. Bd. XVI. 1883.

Henryk Sztern, Wachstumsmessungen an Sphodromantis bioculata. II. Länge, Breite, Höhe. Arch. f. Entwicklungsmech. 1914.

Waldemar Schleip, Der Farbenwechsel bei Dixippus morosus. Zool. Jahrbuch. 1911.

Vosseler, Die Wanderheuschrecken in Usambara. 1903/04.

Werber, Regeneration der exstirpierten Flügel beim Mehlkäfer. Arch. f. Entwicklungsmechanik. 1907.

Zeleny, The Relation of the Degree of Injury to the Rate of Regeneration. Biol. Bull. Nr. 3. 1905.

Marg. Zuelzer, Über den Einfluß der Regeneration auf die Wachstumsgeschwindigkeit. Arch. f. Entwicklungsmechanik. 1908.

## Lebenslauf.

Meine Heimat ist Calcar am Niederrhein. Die Reifeprüfung bestand ich Ostern 1911 am Realgymnasium zu Münster i.W. In Münster verbrachte ich auch die beiden ersten Universitätssemester. Dann bezog ich für drei Semester die Universität Freiburg i. B. Vom Herbst 1913 bis zur mündlichen Doktorprüfung am 4. August 1916 studierte ich in Göttingen.